نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۴، شماره ۱، بهار ۱۳۹۹، ص. ۷۴-۶۱
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Journal of Horticultural Science
Vol. 34, No.1, Spring 2020, P. 61-74
ISSN: 2008 - 4730

مقاله علمی-پژوهشی

اثر محلول‌پاشی قبل از برداشت سلنیم بر ویژگی‌های کیفی و بیوشیمیایی انگور رقم فخری (*Vitis vinifera* cv. Fakhri)

محسن مظفری[۱]- فرهنگ رضوی[۲*]- ولی ربیعی[۳]- عزیزاله خیری[۴]- اکبر حسنی[۵]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۲/۱۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۸/۱۴

چکیده

به منظور بررسی تأثیر کاربرد برگی سلنیم در چهار سطح (صفر، ۱، ۲ و ۳ میلی‌گرم در لیتر) بر صفات کیفی و بیوشیمیایی انگور رقم فخری آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در تاکستان تجاری (استان‌کردستان، شهرستان قروه) انجام شد. بوته‌ها در سه مرحله: تشکیل میـوه، ساچمه‌ای شدن حبه‌ها، تغییر رنگ حبه‌ها محلول‌پاشی شدند. در مرحله رسیدگی تجاری میوه (درجه بریکس ۲۰) از میوه‌ها و برگ‌های بوته‌هـای تحـت تیمار و شاهد نمونه‌برداری صورت گرفت و صفات کلروفیل‌کل و کارتنوئید، نیتروژن، پتاسیم، سلنیم برگ و میوه، موادجامدمحلول کل، قندهای محلـول، اسید قابل‌تیتراسیون، اسیدیته (pH)، ویتامین C، فنل و فلاونوئیدکل، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه و وزن‌حبه ارزیابی شد. نتایج اثرات مثبت تیمار سلنیم بر صفات را نشان داد، به طوریکه محلول‌پاشی سلنیم با غلظت ۲ میلی‌گرم در لیتر رنگیزه‌های فتوسـنتزی، نیتـروژن و پتاسـیم بـرگ، مـواد جامـدمحلول، قندهای‌محلول، ویتامین C، فنل کل، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و سلنیم میوه را در مقایسه با شـاهد افـزایش داد. بیشـترین مقـدار اسـید قابـل‌تیتراسـیون، فلاونوئیدکل میوه و سلنیم برگ در تیمار ۳ میلی‌گرم در لیتر سلنیم مشاهده شد در حالی که این تیمار بر سایر صفات تاثیر کمتری داشت. بیشترین مقدار وزن حبه در تیمار ۱ میلی‌گرم در لیتر بدست آمد. هیچکدام از تیمارهای سلنیم تاثیر معنی‌داری بر اسیدیته (pH) آبمیوه نشان ندادنـد. در مجمـوع نتـایج نشان دهنده اثر مثبت سلنیم بر بهبود ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانی، کیفی و افزایش میزان سلنیم میوه انگور بود و ۲ میلی‌گرم در لیتـر سـلنیم بـا بیشـترین تأثیر بر صفات به عنوان بهترین تیمار مشخص گردید.

واژه‌های کلیدی: سلنات، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، فنل‌کل، کلروفیل، ویتامین C

مقدمه

تقاضا برای میوه‌های سالم و با کیفیت بالا در بازارها افزایش پیـدا کرده است و همچنین ترکیباتی نظیـر ویتـامین‌هـا، قنـدها و خـواص آنتی‌اکسیدانی میوه‌ها مصرف‌کنندگان بسیاری را به خـود جلـب کـرده است (۵۷). انگور به دلیل دارا بودن فنل‌ها، فلاونوئیدها، آنتوسیانین‌ها، تانن‌ها و ویتامین‌ها جزو میوه‌هایی با بالاترین خـواص‌آنتـی‌اکسـیدانی محسوب می‌شود(۱۷). آنتی‌اکسیدان‌ها ترکیب‌هایی هستند که به طور مؤثر می‌توانند از اکسایش ماکرو ملکول‌هایی نظیر لیپیدها، پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک جلوگیری نمایند. عمل فوق از طریق مهـار مرحلـه شروع یا گسترش واکنش‌های زنجیره‌ای اکسایش یـا تولیـد رادیکـال های آزاد صورت می‌گیرد (۵۴). از سلنیم به عنوان عنصری ضروری و مهم برای انسان و حیوان نام برده شده که باید از طریق رژیم غـذائی تأمین گردد. به دلیل اهمیت سلنیم در رژیم غذائی، فائو ورود سلنیم را به محصولات گیاهی توصیه مـی‌کنـد (۲۰). کمبـود سـلنیم بـه طـور مستقیم بر سلامت انسان تـاثیر گذاشـته و بـیش از ۴۰ نـوع بیمـاری مرتبط با کمبود این عنصر مانند سرطان‌ها، بیماریهای قلبـی‌عروقـی و کبدی گزارش شده است (۲۳). حد مجاز مصرف سلنیم روزانه در افراد مختلف در جدول ۱ نشان داده شده است (۵۲). در طی سال‌های اخیر سلنیم به عنوان یک عنصر مفید برای گیاهـان شـناخته شـده اسـت، هرچند که به طـور مسـتقیم در متابولیسـم گیاهـان و تکمیـل چرخـه زندگی آن‌ها دخالت ندارند، ولی در بهبود رشـد رویشـی و زایشـی بـه ویژه در حفاظت گیاهان در برابر تنش‌های غیرزیستی، گونه‌های فعال اکسیژن و فعال‌سازی ساز و کارهای کاهنده تنش‌های اکسیداتیو نقش مهمـی ایفـا مـی‌کنـد (۲۰ و ۲۱). سـلنیم هماننـد گـوگرد در حالـت اکسیداسیون به صورت سلنید (Se^{2-})، سـلنیم (Se)، سـلنیت (Se^{+4}) و

۱، ۲، ۳ و ۴- به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، استادیار، دانشیار و استادیار گـروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان
(*- نویسنده مسئول: Email: razavi.farhang@znu.ac.ir)
۵- استادیار، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان

DOI: 10.22067/jhorts4.v33i4.79017

سلنات (Se^{+6}) در ترکیبات و طبیعت ظاهر می‌شود. سلنات (SeO_4) و سلنیت (SeO_3) فرم قابل جذب این عنصر توسط گیاهان می‌باشد (۲۰). تیمار گیاهان با این عنصر می‌تواند منجر به افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان (به ویژه آسکوربات پراکسیداز و گلوتاتیون پراکسیداز) و ترکیبات آنتی‌اکسیدان مانند (آسکوربات، پرولین و گلوتاتیون) در گیاه شود (۴۶). کک و فینلی (۲۷) ظرفیت آنتی اکسیدانی در کلم بروکلی تغذیه شده با سلنیم را مورد مطالعه قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که سلنیم می‌تواند باعث کاهش تنش اکسیداتیو شود. در آزمایش‌های دیگری سیب زمینی‌های تیمار شده با سلنیم عملکرد بیشتری نسبت به شاهد داشتند که این افزایش مربوط به بزرگی غده‌ها می‌شد در حالی که تیمارها تأثیر معنی‌داری بر تعداد غده‌ها نداشتند (۵۸). همچنین محققین دریافتند که اضافه کردن سلنات به محلول‌های غذایی کیفیت کاهو و کاسنی را بهبود بخشید (۳۷). محلول‌پاشی قبل از برداشت سلنات سدیم در سیب منجر به افزایش میزان سلنات درونی میوه و برگ، افزایش سفتی میوه، اسید کل، مواد جامد محلول گردید. علاوه‌براین سلنیم با افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی از جمله سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز، اسکوربات پراکسیداز باعث کاهش تجمع آنیون سوپراکسید و پراکسید هیدروژن و افزایش پایداری غشاء سلولی گردید (۷). اثرات مثبت سلنیم بر ویژگی‌های کیفی میوه گوجه‌فرنگی، از جمله میزان مواد جامد محلول، اسید قابل تیتراسیون، گلوکز، فروکتوز، قندکل و سفتی بافت نیز گزارش شده است (۳۰ و ۶۹). محلول‌پاشی سلنیم با غلظت ۱ میلی‌گرم بر لیتر روی برگ و میوه درختان هلو و گلابی باعث تاخیر در نرم شدن میوه‌ها و افزایش عمر انباری آنها شد (۴۳). هو و همکاران (۲۲) نیز گزارش کردند که میزان کل اسیدهای آمینه و ویتامین C چای، با محلول‌پاشی سلنیم افزایش یافت. همچنین کاربرد سلنیم در گیاه گوجه‌فرنگی بر غلظت رنگیزه‌های فتوسنتزی کلروفیل و کارتنوئید موثر بوده است محققین علت این اثر گذاری را به افزایش جذب منیزیم به واسطه حضور سلنیم در بافت گیاهی نسبت داده‌اند و احتمال داده‌اند که بر جذب سایر یون‌ها در گیاه نیز تاثیر داشته باشد (۲۸). در پژوهشی دیگر دریافتند که غلظت‌های کم سلنات و سلنیت در گیاه کلم می‌تواند جذب نیتروژن، پتاسیم، فسفر، گوگرد، روی و منگنز را بهبود بخشد در حالی که غلظت‌های بالای سلنیم از جذب این عناصر جلوگیری می‌کند (۱۹). محلول‌پاشی کود سلنیم به عنوان یک روش جدید برای تولید میوه با کیفیت بالا در درختان میوه و یک روش مؤثر برای تولید میوه‌های با میزان سلنیم بالاتر می‌باشد (۷ و ۴۳). با توجه به روند روز افزون بیماری سرطان و تأثیر اثبات شده سلنیم در پیشگیری و کاهش پیشرفت این بیماری در انسان و از سوی دیگر تأثیر کیفیت میوه‌ها از جمله انگور در بازارپسندی و خواص آنتی‌اکسیدانی آنها در پزشکی توجه بسیاری از مصرف کنندگان را به خود جلب کرده است. لذا هدف از این پژوهش بهبود ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانی، صفات کیفی و افزایش میزان سلنیم داخلی در میوه انگور رقم فخری با محلول‌پاشی قبل از برداشت این عنصر می‌باشد.

جدول ۱- حد مجاز مصرف سلنیم روزانه در افراد مختلف (۵۲)

Table 1- Daily allowable utilization of selenium various people groups

گروه‌های سنی Age groups	حد مجاز توصیه شده Recommended allowable (µg/day)	بالاترین سطح قابل تحمل The highest tolerable level (µg/day)
1-3	20	90
4-8	30	150
9-14	40	280
14<	55	400
زنان باردار Pregnant women	60	400
زنان شیرده Lactating women	70	400

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی، مکان، طرح آزمایشی و اعمال تیمارها

این پژوهش در سال ۱۳۹۶ در یک تاکستان تجاری واقع در استان کردستان در ۱۰ کیلومتری شهرستان قروه با مختصات جغرافیایی ۳۵ درجه و ۱۴ دقیقه و ۲۲ ثانیه عرض شمالی، ۴۷ درجه و ۴۹ دقیقه و ۱۸ ثانیه طول شرقی با ارتفاع ۱۸۱۰ متر از سطح دریا بر روی انگور رقم فخری در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل سلنیم در سه سطح ۱، ۲ و ۳ میلی‌گرم در لیتر و محلول‌پاشی با آب مقطر به عنوان شاهد بود. برای تهیه محلول‌های مورد نظر از یک محلول استاندارد مادر ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر (ساخت شرکت CHEMLAB بلژیک، حاوی یون سلنات Se^{+6}) استفاده شد. شکل قابل استفاده سلنیم برای گیاهان یون سلنات می‌باشد (۲۰). تاک‌ها ۱۵ ساله و به صورت خزنده سنتی پرورش یافته بودند. آبیاری به صورت غرقابی و عملیات هرس، مبارزه

با آفات و بیماری‌ها به صورت یکسان انجام شد. سلنیم به صورت محلول‌پاشی برگی بر تاک‌های انگور فخری در سه مرحله ۱- زمان تشکیل میوه‌ها ۲- ساچمه‌ای شدن حبه‌ها ۳- زمان تغییر رنگ حبه‌ها تا زمانی که کل سطح برگ‌ها خیس شد و برای هر تاک حدودا نیم لیتر در نوبت عصر با استفاده از خیساننده (۰/۱ درصد توئین ۲۰) انجام گرفت. نمونه‌گیری از میوه‌ها و برگ‌ها، (برای هر واحد آزمایشی چهار برگ، به صورت تصادفی از کل تاک از قسمت میانی شاخه‌ها) در مرحله رسیدگی تجاری میوه‌ها انجام گرفت. میوه‌ها به صورت تصادفی از بوته‌های تیمار شده جمع‌آوری و در بسته‌های ۵۰۰ گرمی بلافاصله به همراه برگ‌ها به آزمایشگاه فیزیولوژی پس از برداشت دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان منتقل گردید و صفات مورد نظر مورد ارزیابی قرار گرفت.

صفات اندازه‌گیری شده

کلروفیل و کارتنوئید برگ

برای سنجش میزان کلروفیل‌کل و کارتنوئید ابتدا ۰/۱گرم از بافت تازه برگ‌ها توزین شدند و با برش‌های ظریف تقسیم و با ۱۰ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد در هاون کوبیده و در ۵۰۰۰ دور به مدت ۵ دقیقه سانتریفیوژ شدند و مقدار جذب محلول کلروفیل در طول موج‌های ۶۶۳ و ۶۴۵ نانومتر و مقدار کارتنوئید در طول موج‌های ۴۸۰ و ۵۱۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل Specord 250 ساخت کارخانه Analytik jena) قرائت و با استفاده از روابط زیر بر اساس میلی گرم برگرم وزن‌تر محاسبه شدند (۴).

رابطه (۱)

$$Total\ \text{Chlorophyll} = 20.2\ (A\ 645) + 8.02\ (A663) \times \frac{V}{1000 \times W}$$

رابطه (۲)

$$Carotenoid = 7.6\ (A\ 480) - 1.49\ (A510) \times \frac{V}{1000 \times W}$$

در روابط فوق A: نشان دهنده جذب عصاره، W: وزن‌تر برگ‌ها به میلی‌گرم و V: حجم نهایی عصاره به میلی‌لیتر می‌باشد.

مواد جامد محلول (TSS) و اسید قابل تیتراسیون (TA)

مواد جامد محلول با استفاده از رفراکتومتر دیجیتالی ساخت کشور ایتالیا مدل RHB32 اندازه‌گیری و بر اساس درجه بریکس گزارش شد. اسید قابل تیتراسیون به روش عیارسنجی با محلول سود ۰/۱ نرمال اندازه‌گیری شد و به صورت اسید غالب میوه انگور (تارتاریک اسید) بر اساس فرمول زیر محاسبه و مقدار آن بر حسب درصد بیان شد (۱۰).

$$\text{رابطه اسیدیته قابل تیتراسیون \%} = \frac{1 \times 0.075 \times\times \text{حجم سود مصرفی}}{\text{وزن نمونه} \times 10} \times 100 \qquad (۳)$$

وزن میلی‌اکی والان اسید غالب انگور تارتاریک اسید (0.075)، نرمالیته سود (0.1) و حجم عصاره (10) میلی‌لیتر

اسیدیته (pH) و ویتامین C

اسیدیته عصاره با استفاده از دستگاه pH متر مدل (Metrohm, 827) در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شد.

مقدار ویتامین C به روش عیارسنجی با یدید پتاسیم ۰/۱ نرمال و معرف نشاسته اندازه‌گیری شد و نتایج برحسب میلی‌گرم بر ۱۰۰ میلی لیتر آب میوه (mg/100 ml Fruit Juice) طبق فرمول زیر محاسبه گردید (۳۵).

$$A = \frac{S \times N \times 88.1 \times 100}{10} \qquad \text{رابطه (۴)}$$

S = مقدار محلول ید مصرف شده N= 0.1 نرمالیته محلول ید مصرف شده

فاکتور محلول ید مصرف شده F=۰.885

عصاره‌گیری برای اندازه‌گیری ترکیبات آنتی‌اکسیدانی میوه

برای اندازه‌گیری فنل و فلاونوئیدکل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی مقدار ۱ گرم از بافت تازه میوه وزن شد و در هاون با اضافه کردن متانول ۸۰ درصد کوبیده شد و به حجم نهایی ۸ میلی‌لیتر رسانده به مدت یک شب در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد آزمایشگاه در محیط تاریک قرار داده شد و بافت‌های کوبیده شده به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۱۰۰۰۰ دور سانتریفیوژ گردید و میزان فنل و فلاونوئید کل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی اندازه‌گیری شد (۲۶ و ۵۶).

فنل و فلاونوئیدکل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی

جهت اندازه‌گیری میزان فنل‌کل از روش فولین سیوکالتو استفاده شد (۵۶). میزان جذب نمونه و استاندارد توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل Specord 250) در طول موج ۷۲۰ نانومتر قرائت گردید و در نهایت میزان فنل کل نمونه بر حسب میلی‌گرم اسید گالیک بر۱۰۰ گرم وزن تر میوه (mg GAE/100g FW) بیان شد. فلاونوئیدکل میوه مطابق روش (۲۶) مورد ارزیابی قرار گرفت. جذب محلول در طول موج ۵۰۷ نانومتر خوانده شد. از غلظت‌های مختلف محلول‌های کوئرستین به‌عنوان استاندارد استفاده شد. در نهایت مقدار فلانوئیدکل بر حسب میلی‌گرم کوئرستین بر ۱۰۰ گرم وزن‌تر میوه (mg Q/100gr FW) بیان گردید. ظرفیت آنتی‌اکسیدانی از طریق درصد مهار رایکال‌های آزاد DPPH[1] اندازه‌گیری و به صورت درصد

---

[1] 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl

بازدارندگی (DPPHsc%) بیان شد (۱۱). جذب نمونه‌ها در طول موج ۵۱۷ نانومتر خوانده شد و بر اساس درصد رادیکال جمع‌آوری شده (RSA)DPPH با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردید.

$$RSA\ \% = \frac{100\,(A_C - A_S)}{A_C}$$ رابطه (۵)

AS: جذب نمونه حاوی عصاره AC: جذب کنترل

عصاره‌گیری برای اندازه‌گیری عناصر

برای اندازه‌گیری عناصر معدنی برگ، دم برگ و میوه در آون در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد تا خشک شدن کامل نگهداری شدند و با آسیاب آزمایشگاهی کاملا پودر شده و ۰/۳ گرم از پودر بدست آمده وزن شد و به روش هضم تر با اسید سولفوریک- اسید سالیسیلیک آب اکسیژنه عصاره‌گیری شد (۵۵).

نیتروژن، پتاسیم برگ، سلنیم برگ و میوه

بعد از عصاره‌گیری، نیتروژن به روش کجلدال، پتاسیم توسط دستگاه فلیم‌فتومترJenway PFP ساخت انگلستان اندازه‌گیری شد و میزان آن‌ها در برگ بر حسب درصد بیان شد. میزان سلنیم برگ و میوه با دستگاه جذب اتمی مدل PG ساخت انگلستان به روش شعله قرائت و نتایج براساس میلی‌گرم بر کیلوگرم ماده خشک گزارش شد (۱۵).

قندهای محلول

میزان قندهای محلول میوه با استفاده از روش فنل- اسید سولفوریک اندازه‌گیری شد (۲۳). میزان جذب نمونه و محلول‌های استاندارد توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۴۸۵ نانومتر خوانده شد و از محلول‌هایی با غلظت‌های مختلف گلوکز برای تهیه منحنی استاندارد استفاده و میزان قند محلول با در دست داشتن وزن خشک نمونه‌ها محاسبه گردید.

وزن حبه

برای هر کدام از تیمارها به طور جدگانه از هر سه خوشه ۱۰ حبه به طور تصادفی انتخاب و توسط ترازوی دیجیتالی آزمایشگاهی با حساسیت هزارم گرم وزن و نتایج بر حسب گرم بیان شد.

تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه و تحلیل داده‌ها توسط نرم‌افزار (SAS (V.9.4 و مقایسه میانگین داده‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها اثر محلول‌پاشی سلنیم بر میزان کلروفیل‌کل برگ، مواد جامدمحلول، اسید قابل تیتراسیون، ویتامین C و قندهای‌محلول میوه در سطح احتمال ۱ درصد و بر کارتنوئید برگ در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد در حالی که تیمارهای سلنیم بر اسیدیته (pH) آبمیوه اثر معنی‌داری را نشان ندادند (جدول ۲).

کلروفیل‌کل و کارتنوئید برگ

بر اساس نتایج مقایسه میانگین داده‌ها، تیمار ۲ میلی‌گرم در لیتر سلنیم با مقدار (۱/۰۴ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) بیش‌ترین تأثیر را بر افزایش کلروفیل‌کل برگ داشت و کمترین مقدار در شاهد مشاهده گردید که با سطوح ۱ و ۳ میلی‌گرم بر لیتر سلنیم اختلاف معنی‌داری نداشت. بالاترین میزان کارتنوئید برگ نیز در تیمار ۱ و ۲ میلی‌گرم در لیتر سلنیم و کمترین مقدار در شاهد و تیمار ۳ میلی‌گرم در لیتر سلنیم اندازه‌گیری شد (جدول ۳). مطالعات قبلی در مورد اثرات سلنیم بر افزایش شدت فتوسنتز و میزان کلروفیل و کارتنوئید برگ درختان گلابی توسط لیو و همکاران (۳۳) گزارش شده است. بررسی‌ها نشان می‌دهد که احتمالا غلظت‌های کم سلنیم با محافظت از آنزیم‌های کلروپلاستی، بیوسنتز رنگدانه‌های فتوسنتزی را افزایش می‌دهد اما با افزایش غلظت سلنیم، این عنصر آنزیم‌های بیوسنتزکننده کلروفیل را مهار کرده و از این طریق تأثیر منفی بر سنتز کلروفیل و کارتنوئید برگ می‌گذارد (۶۲). تأثیر دیگر سلنیم بر عناصر معدنی در گیاهان می‌باشد. در پژوهش حاضر نیتروژن برگ تحت تأثیر تیمار سلنیم قرار گرفت عمده ترکیبات رنگدانه‌های فتوسنتزی دارای ساختار نیتروژنی هستند. که نیتروژن می‌تواند تا حد زیادی منجر به افزایش مقدار آن‌ها در گیاه گردد (۶۵). این نتایج با یافته‌های (۲۱) در مورد اثر سلنیم بر گیاه کلم مطابقت دارد.

مواد جامد محلول

با توجه به نتایج مقایسه میانگین داده‌ها بیشترین مقدار موادجامدمحلول مربوط به بوته‌های انگور تیمار شده با غلظت ۱ و ۲ میلی‌گرم در لیتر سلنیم بود و کمترین مقدار در بوته‌های شاهد با میزان(۲۰/۵۶ درجه بریکس) مشاهده گردید، در حالی که تیمار ۳ میلی‌گرم در لیتر با کم‌ترین تاثیر، اختلاف معنی‌داری را با سایر تیمارها نشان داد (جدول ۳). مواد جامد محلول از مهمترین صفات تعیین کننده کیفیت میوه انگور می‌باشد که بالاترین درصد آن را قندها و به نسبت کمتر عناصر، اسیدهای آمینه، اسیدهای آلی و سایر مواد جامد قابل حل در آب تشکیل می‌دهد (۶۸). در پژوهش حاضر تیمار سلنیم منجر به افزایش میزان نیتروژن و به طبع آن افزایش تولید رنگیزه

های کلروفیل و کارتنوئید شد در نتیجه افزایش تولید رنگیزه‌های فتوسنتزی با افزایش شدت فتوسنتز و افزایش تولید قندهای محلول، مواد جامد محلول بیشتری را نشان داد. ژانگ و همکاران (۶۷) نشان دادند که کاربرد غلظت‌های ۵۰ گرم سلنیم در هکتار باعث افزایش غلظت CO_2 درون سلولی و سرعت فتوسنتز و فعالیت فتوسیستم PSII در برگ‌های برنج می‌شود. در کل فعالیت فتوسنتزی بیش‌تر در گیاهان می‌تواند سبب افزایش TSS در میوه‌ها شود (۳۴).

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر محلول‌پاشی سلنیم بر رنگیزه‌های فتوسنتزی و برخی صفات کیفی میوه انگور رقم فخری

Table 2- Variance analysis of selenium sprays effect on photosynthetic pigments and some qualitative traits of grapes in the Fakhry cultivar

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	کلروفیل کل Total chlorophyll	کارتنوئید Carotenoids	موادجامدمحلول Soluble solids	اسید قابل تیتراسیون Titratable acidity	ویتامین ث Vitamin C	قندهای محلول Soluble sugars	اسیدیته Acidity
بلوک Block	2	0.04^{ns}	0.004^{ns}	0.14^{ns}	0.00002^{ns}	0.03^{ns}	0.02^{ns}	0.003^{ns}
تیمار سلنیم Selenium Treatment	3	0.04^{**}	0.005^{*}	14.43^{**}	0.0001^{**}	96.97^{**}	1.34^{**}	0.008^{ns}
خطا Error	6	0.01	0.004	2.50	0.00008	0.39	0.16	0.03
ضریب تغییرات C.V (%)	-	5.17	5.09	2.73	2.81	1.13	4.01	2.31

ns ، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد

ns, non-significant, * and ** significant at the 5% and 1% of probability levels, respectively.

جدول ۳- تأثیر محلول‌پاشی قبل از برداشت سلنیم بر رنگیزه‌های فتوسنتزی و برخی صفات کیفی میوه انگور رقم فخری

Table 3- Effect of pre-harvest sprays of selenium on photosynthetic pigments and some qualitative traits of grapes cv. Fakhry

تیمار سلنیم Selenium treatment (mg/L)	کلروفیل‌کل Total chlorophyll (mg/grFW)	کارتنوئید Carotenoids (mg/grFW)	موادجامدمحلول Soluble solids (Brix)	اسید قابل- تیتراسیون Titratable acidity (%)	ویتامینC Vitamin C (mg/100 ml Fruit Juice)	قندهای محلول Soluble sugars (mg/gDW)
0 شاهد Control	0.76^{b}	0.42^{b}	20.56^{c}	0.12^{c}	15.59^{c}	33^{d}
1	0.85^{b}	0.48^{a}	25.16^{a}	0.13^{bc}	27.02^{a}	44.21^{b}
2	1.04^{a}	0.51^{a}	25.27^{a}	0.13^{ab}	28.27^{a}	48.26^{a}
3	0.84^{b}	0.43^{b}	23.63^{b}	0.14^{a}	20.06^{b}	38.19^{c}

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون از نظر آماری با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means, in each column, followed by similar letters are not signification different at the 5% of probability level based on Duncan's multiple range test.

در پژوهشی با اضافه شدن سلنیم در محیط کشت هیدروپونیک گیاهان گوجه‌فرنگی موادجامدمحلول بیشتری را نسبت به بوته‌های شاهد مشاهده کردند (۳۰). علاوه‌بر این سلنیم با نقشی که در کاهش شدت تنفس ایفا می‌کند از مصرف قندهای محلول در تنفس جلوگیری کرده و منجر به افزایش مواد جامد محلول می‌گردد (۶۹). در پژوهشی دیگر محلول‌پاشی سدیم سلنات بر چهار رقم از انگورهای رومیزی باعث افزایش مواد جامد محلول در میوه شد (۶۸).

اسید قابل تیتراسیون

طبق نتایج مقایسه میانگین داده‌ها با افزایش غلظت تیمارها اسید قابل‌تیتراسیون میوه‌ها افزایش پیدا کرد. به طوری که تاک‌های تیمار شده با ۳ میلی‌گرم در لیتر سلنیم بیشترین اسید قابل‌تیتراسیون را با

مقدار (۰/۱۴ درصد) دارا بودند و کم ترین مقدار در تیمار شاهد با میزان (۰/۱۲ درصد) مشاهده شد (جدول ۳). اسیدهای آلی جزء متابولیت‌های اولیه موجود در انگور هستند و غلظت این ترکیبات مهم‌ترین فاکتور مربوط برای آب انگور و تعیین ترکیب شیمیایی آن‌ها است (۲). اسید تارتاریک اسید غالب میوه‌های انگور می‌باشد. بیشتر اسیدهای آلی در نتیجه چرخه تارتاریک اسید تولید شده و در طی تنفس مصرف می‌شوند (۶۸). افزایش میزان تنفس و تولید اتیلن منجر به مصرف بیشتر اسیدهای آلی می‌شوند. در حالی که در این پژوهش اسیدکل میوه‌ها به طور معنی داری با محلول‌پاشی سلنیم افزایش یافت. نقش سلنیم در کاهش تولید اتیلن و شدت تنفس در محصولات باغی گزارش شده است. با محلول‌پاشی سلنیم در گیاه گوجه فرنگی بیان ژنهای آنزیم‌های تولید کننده اتیلن از جمله ACC سینتاز و ACC اکسیداز کاهش یافته در نتیجه از تولید اتیلن و به طبع آن افزایش شدت تنفس میوه جلوگیری می‌شود (۶۹). در این پژوهش افزایش اسیدهای آلی را می‌توان به کاهش شدت تنفس و تولید اتیلن میوه‌ها در اثر کاربرد سلنیم و کاهش مصرف اسیدهای آلی در طی تنفس نسبت داد. نتایج متضادی درباره‌ی اثر سلنیم بر اسید قابل تیتراسیون موجود است. در حالی که زو و همکاران (۷۰) با کاربرد سدیم‌سلنات در مرحله پس از برداشت بر میوه‌های گوجه‌فرنگی حفظ بیشتر اسید قابل تیتراسیون میوه‌ها را مشاهده کرده‌اند. کاهش اسید قابل تیتراسیون با محلول‌پاشی سدیم سلنات در انگور (۶۹) و پرتقال ناول (۱) نیزگزارش شده است.

ویتامین C

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بهترین تیمار در افزایش ویتامین C میوه تیمار ۲ میلی‌گرم در لیتر سلنیم با مقدار (۲۸/۲۷ میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر آبمیوه) بود و کم ترین مقدار ویتامین C میوه‌ها در شاهد (۱۵/۵۹ میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر آبمیوه) اندازه گیری شد و تیمار ۳ میلی‌گرم در لیتر نسبت به سایر تیمارها با اثر کمتر بر مقدار ویتامین C اختلاف معنی‌داری را نشان داد که این بیان کننده کاهش تأثیر سلنیم و بروز علائم سمیت آن می‌باشد (جدول ۳). ویتامین C دارای وزن مولکولی پایین و جزء متابولیت‌های ثانویه است، که به ظرفیت آنتی اکسیدانی بافت‌های گیاهی، به خصوص در محیط های مختلف تنش زا کمک می‌کند (۱۸). گزارش‌های مختلفی در خصوص افزایش و کاهش ویتامین C در محصولات مختلف توسط کاربرد سلنیم مشاهده شده است. محلول‌پاشی سلنیم بر درختان پرتقال ناول منجر به کاهش ویتامین C در میوه گردید (۱) درحالی که هو و همکاران (۲۲) افزایش ویتامین C را با تیمار سلنیم در چای گزارش کرده‌اند. در تحقیقی دلیل افزایش ویتامین C در میوه گوجه فرنگی را تأثیر سلنیم بر افزایش گلوتاتیون احیاء گزارش کرده‌اند (۷۱).

همچنین در گیاه ماش تیمار شده با سلنیم میزان گلوتاتیون احیاء شده افزایش یافت در این گیاه سلنیم باعث افزایش و تنظیم فعالیت آنزیم گلوتاتیون S – ترانسفراز شد (۳۶). تیمار سلنیم می‌تواند جذب گوگرد را افزایش داده و در ساخته شدن ترکیبات موثر در سنتز گلوتاتیون احیاء موثر باشد (۱۶). گلوتاتیون در چرخه سنتز ویتامین C دخالت دارد. علاوه بر این ویتامین C با ویتامین E و گلوتاتیون (GSH) همکاری کرده و از وارد آمدن آسیب اکسیداتیو به سلول‌ها جلوگیری می‌کند (۸). از آن جا که گلوتاتیون احیا با تیمار سلنیم افزایش می‌یابد، احتمال داده می‌شود که تیمار سلنیم به این دلیل منجر به افزایش ویتامین C درمیوه‌ها گردیده باشد. نتیجه این پژوهش با مشاهدات (۴۸) در گیاه کاهو که سلنیم موجب افزایش ویتامین C در گیاه شده همخوانی دارد.

قندهای‌محلول میوه

بر اساس مقایسه میانگین داده‌ها تیمار ۲ میلی‌گرم در لیتر سلنیم بیش‌ترین تأثیر را در افزایش قندهای محلول میوه با میزان (۴۴/۲۶ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) نشان داد و کمترین مقدار با میزان (۳۳ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) در شاهد مشاهده گردید و سایر غلظت ها با شاهد اختلاف معنی‌داری را نشان دادند (جدول ۳). فروکتوز و گلوگز قندهای اصلی در بیش‌تر میوه‌ها می‌باشند که باعث ایجاد طعم در آن‌ها می‌شوند. مقدار قند میوه‌ها می‌تواند تحت تأثیر گونه، واریته، بلوغ فیزیولوژیکی، فصل برداشت، تغذیه و شرایط نگه‌داری تغییر یابد (۶). قندهای محلول منابع قابل توجهی از عطر و طعم و کیفیت میوه ها موقع برداشت و دوره پس از برداشت هستند (۵۰). تجمع بیشتر نشاسته در برگ‌های فوقانی سیب زمینی‌های تیمار شده با سلنیم مشاهده شدکه احتمالا به دلیل افزایش سنتز نشاسته، کاهش انتقال کربوهیدرات از کلروپلاست و یا افزایش بهره وری فتوسنتز است (۵۹). تحقیقات دیگری نشان می‌دهد ارتباط بین سلنیم و تجمع نشاسته در کلروپلاست گیاه کاهو وجود داشته است (۴۲). این احتمال وجود دارد که سلنیم در انگور باعث تجمع نشاسته شده است که در طی فرآیند رشد، نشاسته ذخیره ای به قندهای محلول تبدیل می‌شود (۵). نتیجه این تحقیق با محلول‌پاشی سلنیم بر گیاه قهوه مطابقت دارد (۳۸).

طبق نتایج تجزیه واریانس داده‌ها محلول‌پاشی سلنیم اثر معنی داری را در سطح آماری یک درصد بر فلاونوئیدکل، ظرفیت آنتی- اکسیدانی، سلنیم میوه، وزن حبه و مقدار سلنیم و پتاسیم برگ نشان داد و در حالی که فنل‌کل میوه و نیتروژن برگ در سطح آماری ۵ درصد تحت تأثیر تیمار محلول‌پاشی سلنیم قرار گرفتند (جدول ۴).

جدول ٤- تجزیه واریانس اثر محلول‌پاشی سلنیم بر خصوصیات آنتی‌اکسیدانی، وزن حبه و برخی عناصر معدنی برگ و میوه انگور رقم فخری

Table 4- ANOVA for selenium sprays effect on antioxidant properties, berry weight and some mineral elements of leaf and fruit in garpe cv. Fakhry

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of squares فنل کل میوه Fruit total phenol	فلاونوئید کل میوه Fruit total flavnoid	ظرفیت آنتی-اکسیدانی میوه Fruit antioxidant capacity	مقدار نیتروژن برگ Leaf nitrogen amount	مقدار پتاسیم برگ Leaf potassium amount	مقدار سلنیم برگ Leaf selenium amount	مقدار سلنیم میوه Fruit selenium amount	وزن حبه Berry weight
بلوک Block	2	5.72^{ns}	0.09^{ns}	21.66^{ns}	0.01^{ns}	0.003^{ns}	0.002^{ns}	0.04^{ns}	0.45^{ns}
تیمار سلنیم Selenium Treatment	3	86.76*	1.66**	935.96**	0.61*	0.12**	0.73**	0.74**	31.14**
خطا Error	6	137.66	0.77	66.23	0.70	0.007	0.03	0.05	1.43
ضریب تغییرات CV (%)	-	14.98	11.41	4.71	14.80	2.32	4.61	5.08	1.53

ns ، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد.

ns: non-significant, * and ** : significant at the 5% and 1% probability levels, respectively.

فنل کل

با توجه به نتایج مقایسه میانگین‌ها داده‌ها تیمار ۲ میلی‌گرم در لیتر سلنیم با میزان (۳۷/۹۴ میلی‌گرم گالیک اسید در ۱۰۰ گرم وزن تازه) بیش‌ترین تاثیر را بر میزان فنل کل در میوه داشت و کم‌ترین مقدار در شاهد با میزان (۲۵/۳۰ میلی‌گرم گالیک اسید در ۱۰۰ گرم وزن تازه) مشاهده گردید (جدول ۵). فنل‌ها بزرگترین گروه از متابولیت‌های ثانویه هستند که از پنتوز فسفات و مسیر شیکمیک اسید و فنیل پروپانوئید در گیاهان تولید می‌شوند (۳۲). مطالعات متعددی در مورد اثرات مثبت و منفی سلنیم بر میزان فنل‌ها گزارش شده است که به نوع گیاه و غلظت سلنیم بستگی دارد (۴۹). پولدما و همکاران (۴۴) کاهش میزان فنل کل را در پیاز با محلول‌پاشی سلنیم گزارش کردند. در حالی که کاربرد ۵ میلی‌گرم در لیتر سدیم سلنات باعث بهبود میزان کلروژنیک اسید در گیاه لیسیوم چینی[1] شد (۱۲). همچنین غلظت ۲۰ میلی‌گرم در لیتر سلنیم اثرات مثبتی بر افزایش میزان فنولیک اسیدها از جمله کلروژنیک اسید، کافئیک اسید در گیاه سیب زمینی داشته است. ولی در سطوح بالاتر اثرات منفی نشان داد (۳۱). با بررسی آمینواسیدها در سیب زمینی‌های محلول‌پاشی شده با سلنیم دریافتند که میزان کل آمینواسیدهای ضروری و غیر ضروری نسبت به گیاهان شاهد افزایش یافته است. فنیل آلانین با ۴۸/۹ درصد بیش‌ترین میزان افزایش را نشان داد. هم‌چنین آمینواسیدهایی نظیر آسپارتیک اسید، گلوتامیک اسید، ترئونین و تیروزین نیز به طور معنی داری نسبت به شاهد افزایش داشته‌اند (۲۴). نتایج این پژوهش با مطالعات (۳) تیمار سلنیم بر گیاه ریحان مطابقت دارد.

فلاونوئید کل

براساس نتایج مقایسه میانگین داده‌ها با افزایش غلظت تیمارها فلاونوئیدکل میوه‌ها نیز روند افزایشی را نشان داد به طوری‌که بیش ترین مقدار در تیمار ۳ میلی‌گرم در لیتر با میزان (۴/۱۳ میلی‌گرم کوئرستین در ۱۰۰ گرم وزن تازه) مشاهده شد و کم‌ترین مقدار فلاونوئید در میوه بوته‌های شاهد (۲/۳۴ میلی‌گرم کوئرستین در ۱۰۰ گرم وزن تازه) اندازه‌گیری شد (جدول ۵). فلاونوئیدها نیز زیر گروه فنل‌ها هستند و از مهم ترین ترکیباتی هستند که در کیفیت انگور نقش دارند (۳۲). فلاونوئیدها نقش‌های مهمی در خصوصیات تجاری، حسی و تغذیه‌ای محصولات کشاورزی به واسطه تأثیرشان در خواص حسی نظیر رنگ، طعم و کیفیت آبمیوه دارند (۲۵). علت اثر سلنیم در غلظت‌های بالا بر میزان فلاونوئید کل افزایش ظرفیت گیاه برای غلبه بر شرایط تنش‌زا می‌باشد. در پژوهشی سلنیم سطح فلاونوئیدهای جزء نظیر نارینجین،[2] چالکون،[3] کوئرستین[4] و کامفرول[5] را در گوشت میوه‌های گوجه‌فرنگی افزایش داد (۵۳). نتایج این پژوهش با یافته های قبلی (۵۱) در گیاه چای مطابقت دارد

1- *Lycium chinense*

2- Naringin
3- Chalcones
4- Quercetin
5- Kaempferol

جدول ۵- تأثیر محلول‌پاشی قبل از برداشت سلنیم بر صفات آنتی‌اکسیدانی و برخی عناصر و وزن حبه انگور رقم فخری

Table 5- The effect of pre-harvest sprays of selenium on antioxidant traits and some elements and berry weight of grapes cv. Fakhry

تیمار سلنیم Selenium (mg/L)	فنل کل Total phenol (mg GA/100 grFW)	فلاونوئید کل Total flavonoid (mg QE/100 grFW)	ظرفیت آنتی اکسیدانی Antioxidant capacity (Percen)	نیتروژن برگ Leaf nitrogen (%)	پتاسیم برگ Leaf potassium (%)	سلنیم برگ Leaf selenium (mg/kg)	سلنیم میوه Fruit selenium (mg/kg)	وزن حبه Berry weight (gr)
0 شاهد Control	25.30[b]	2.34[c]	46.75[d]	1.80[b]	1[d]	1.08[c]	1.22[c]	28.09[d]
1	30.50[ab]	2.93[bc]	68.92[c]	2.45[ab]	1.51[b]	2.10[a]	1.72[b]	35.14[a]
2	37.94[a]	3.16[b]	88.38[a]	2.86[a]	1.72[a]	1.73[b]	2.31[a]	33.90[b]
3	34.07[ab]	4.13[a]	77.55[b]	2.14[b]	1.44[c]	2.16[a]	2.19[a]	30.44[c]

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون از نظر آماری با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means, in each column, followed by similar letters are not signification different at the 5% of probability level based on Duncan's multiple range test.

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه

طبق نتایج مقایسه میانگین داده‌ها در بین تیمارهای سلنیم، تیمار ۲ میلی‌گرم در لیتر بهترین غلظت در افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه با میزان (۸۸/۳۸ درصد بازدارندگی) بود و کم‌ترین میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه (۴۶/۷۵ درصد بازدارندگی) در میوه‌های شاهد بدست آمد و تیمارهای دیگر نیز اختلاف معنی‌داری را با شاهد نشان دادند (جدول ۵). گیاهان برای رویایی با گونه‌های فعال اکسیژن بسته به ظرفیت ژنتیکی‌شان سامانه دفاع (آنتی‌اکسیداتیو) را در خود گسترش می‌دهند. فعالیت آنتی‌اکسیدانی در میوه‌ها به ترکیبات آنتی اکسیدانی و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان (پراکسیداز، کاتالاز، سوپراکسید دیسموتاز) بستگی دارد (۳۹). غلظت‌های پایین سلنیم بر متابولیسم سلول‌های گیاهی اثرات مفیدی داشته و میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی مانند (آسکوربات پراکسیداز و گلوتاتیون پراکسیداز) و ترکیبات آنتی‌اکسیدانی مانند (گلوتاتیون، آسکوربات و پرولین) را افزایش داده که می‌تواند مقادیر (H_2O_2) در گیاه را کاهش دهد (۴۶). همچنین گزارش دیگری درباره‌ی سلنیم در گیاهان که تا حد زیادی بر میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی گیاهان اثرگذار است، به این عنوان که سلنیم بخشی از هسته آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز (GPx) است وجود دارد (۹). تحقیقاتی نشان داده که سلنیم موجب افزایش فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز در کاهو (۶۳) گردیده است که یافته‌های این پژوهش با نتایج قبلی این محققان همخوانی دارد. بر اساس تحقیقات پیشین و مطالعات انجام گرفته اثر سلنیم بر افزایش فعالیت آنزیم‌ها و ترکیبات آنتی‌اکسیدانی است که باعث افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در میوه‌ها شده است (۷).

نیتروژن برگ

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که تیمار ۲ میلی‌گرم در لیتر سلنیم با میزان (۲/۸۶ درصد) بیش‌ترین اثر را بر درصد عنصر نیتروژن داشت و کم‌ترین مقدار در شاهد با میزان (۱/۸۰ درصد) مشاهده گردید در حالی تیمار ۳ میلی‌گرم در لیتر هرچند باعث افزایش نیتروژن برگ شد ولی تاثیر چشمگیری نداشت (جدول ۵). در سال های اخیر اثر آنتاگونیستی و سینرژیت بین سلنیم و سایر عناصر نشان داده شده که سلنیم می‌تواند بر وضعیت تغذیه گیاهان تأثیر بگذارد (۱۳). نیتروژن از عناصر مهم حیاتی در ساختار و رشد نمو گیاه است که تاثیر زیادی بر شدت رنگ سبز برگ و رشد شاخساره در گیاهان مختلف دارد که به صورت مستقیم و غیر مستقیم کیفیت و کمیت محصول را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۱۴). در مطالعات قبلی نشان داده شده است که سلنیم می‌تواند بر متابولیسم نیتروژن در گیاه تأثیر بگذارد این اثر بستگی به غلظت سلنیم به کار برده شده دارد (۴۱). استفاده از سلنیم در حد مطلوب باعث افزایش فعالیت آنزیمی گلوتامین سنتاز (GS) و گلوتامات سنتاز (GOGAT) که در متابولیسم نیتروژن دخالت دارند شده است (۴۷). افزایش عنصر نیتروژن برگ با تیمار سلنیم در برگ انگور فخری را می‌توان به تأثیر این عنصر بر فعالیت آنزیم‌های ذکرشده دانست و در غلظت‌های بالاتر کاهش فعالیت آنزیم‌ها را گزارش کرده‌اند نتایج این پژوهش با نتایج (۶۴) در

گیاه کلم چینی[1] که سلنیم باعث افزایش نیتروژن در گیاه گردید همخوانی دارد.

پتاسیم برگ

بنابر مشاهدات نتایج مقایسه میانگین داده‌ها تیمار ۲ میلی‌گرم در لیتر سلنیم با میزان (۱/۷۲ درصد) بهترین تیمار در افزایش پتاسیم برگ بود و کم‌ترین در بوته‌های شاهد با میزان (۱ درصد) مشاهده شد. همچنین در بین سایر تیمارها با بوته‌های شاهد اختلاف معنی داری مشاهده گردید (جدول ۵). پتاسیم به عنوان یکی از عناصر مهم در گیاهان در بسیاری از فرآیندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی از جمله رشد، عملکرد، کیفیت و بالا بردن مقاومت گیاه در تنش‌ها نقش دارد (۴۵). بر اساس تحقیقات سلنیم میزان پتاسیم را در برگ یونجه زرد (۲۹) افزایش داده است. محققان افزایش پتاسیم در گیاه را به دخالت پتاسیم در مکانیسم تحمل به سلنیم نسبت دادند که گیاه سلنیم را به عنوان عنصر تنش زا محسوب می‌کند (۲۹). در پژوهش دیگری نتایج مشابهی را در خصوص افزایش مقدار پتاسیم به میزان سلنیم در برگ نسبت داده‌اند در غلظت های بالاتر از حد مطلوب امکان دارد سلنیم تاثیر کمتری داشته و یا باعث کاهش پتاسیم گردد (۴۱).

سلنیم برگ و میوه

بر اساس مشاهدات مقایسه میانگین داده‌ها، محلول‌پاشی سلنیم بر میزان سلنیم داخلی برگ و میوه اثر مثبتی را نشان داده است به طوری که کم‌ترین مقدار سلنیم داخلی برگ و میوه در شاهد به ترتیب شامل (۱/۰۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم ماده خشک) و میوه (۱/۲۲ میلی گرم بر کیلوگرم ماده خشک) مشاهده شد و بالاترین سلنیم داخلی برگ در تیمار ۳ میلی‌گرم در لیتر با میزان (۲/۱۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم ماده خشک) و در میوه تیمار شده با ۲ میلی‌گرم در لیتر سلنیم با میزان (۲/۳۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم ماده خشک) اندازه‌گیری شده است (جدول ۵). از آنجا که سطح پایین سلنیم در بدن انسان می‌تواند خطر مبتلا به بیماری قلبی، سرطان و سایر بیماریهای مرتبط با رادیکال-های آزاد را افزایش دهد، غنی سازی محصولات کشاورزی با سلنیم برای سلامت جامعه حائز اهمیت است (۴۴). می‌توان با تکنیک‌های مختلف نسبت به غنی‌سازی محصولات اقدام نمود. مهمترین این روشها افزودن سلنیم به خاک، غوطه‌ور کردن بذرها در محلول سلنیم قبل از کاشت، استفاده از محلول غذایی حاوی سلنیم در محیط هیدروپونیک یا ایروپونیک و محلول‌پاشی سلنیم بر گیاهان می‌باشد (۶۰). تجمع سلنیم در گیاهان در بین گونه‌های گیاهی متفاوت است و غلظت سلنیم و شکل شیمیایی سلنیم بکار بره شده نیز تأثیرگذار است (۲۰). پژوهشگران علت افزایش سلنیم را در گیاهان به همبستگی سلنیم با گوگرد نسبت دادند همچنین بافت‌های با رشد فعالتر معمولا مقدار بیش‌تری از سلنیم را دریافت می‌کنند میزان سلنیم در چاودار که با سلنیم محلول‌پاشی شده بود حدود ۵۰ تا ۵۰۰ برابر گیاهان شاهد بود (۶۰). با توجه به این که میوه‌ها به عنوان سینک قوی عمل می-کنند احتمالا می‌تواند سلنیم را در خود ذخیره کنند. علاوه براین سلنیم در جدول تناوبی بعد از گوگرد قرار دارد و می‌تواند در ترکیبات متعدد جایگزین گوگرد شده و ترکیبات مختلف مثل سلنوسیستئین[2]، سلنوسیستین[3]، دی سلنوسیستین[4]، سلنومتیونین[5]، سلنوگلوتاتیون[6] و سلنو دی گلوتاتیون[7] تولید نماید. سلنومتیونین قادر است به طور غیر اختصاصی وارد پروتئین‌ها شده و به جای میتونین قرار گیرد (۵۲). محلول‌پاشی ۱ میلی‌گرم در لیتر سلنات بر میوه گلابی موجب افزایش سلنیم داخلی میوه با میزان ۷۵ میکروگرم بر یک کیلوگرم وزن خشک شد (۴۳). نتایج این تحقیق با یافته‌های این محققان همخوانی دارد.

وزن حبه

براساس نتایج مقایسه میانگین‌ها تیمار ۱ میلی‌گرم در لیتر سلنیم بیش‌ترین تأثیر را با میزان (۳۵/۱۴) گرم بر وزن حبه داشت و با افزایش غلظت تیمارها اثر آنها بر وزن حبه کاهش یافت بطوری‌که تیمار ۳ میلی‌گرم در لیتر سلنیم کم‌ترین اثر را در بین تیمارها نشان داد و کم‌ترین میزان وزن حبه در شاهد با میزان (۲۸/۰۹) گرم مشاهده شد (جدول ۵). محققین به این نتیجه رسیده‌اند که تحریک رشد مربوط به نقش سلنیم به عنوان یک عنصر محافظ در آنزیم های کلروپلاست گیاه و متابولیسم کربوهیدرات است (۵۹). همچنین وزن حبه می‌تواند بر عملکرد نیز تأثیر مثبتی را داشته باشد. گزارش شده است که سلنیم در مقادیر بهینه می‌تواند عملکرد را افزایش دهد ولی در غلظت‌های بالاتر برای گیاه سمی است (۶۶). سلنیوم با افزایش میزان عناصر درونی نظیر نیتروژن باعث افزایش میزان کلروفیل برگ می‌گردد که این عامل با بهبود فتوسنتز میزان تجمع کربوهیدرات درونی برگ را بالا می‌برد در نتیجه کربوهیدرات تولیدی در برگ‌ها به سمت میوه‌ها انتقال پیدا کرده و میزان رشد حبه را افزایش می‌دهد. همچنین سلنیم با افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی نقش مؤثری در تعدیل تنش‌های وارده بر گیاه ایفا کرده که می‌تواند منجر به بهبود رشد و عملکرد گیاه گردد (۷ و ۳۳). نتیجه این پژوهش با نتایج وئی و همکاران (۶۱) که سلنیم موجب افزایش وزن میوه‌ها در درختچه‌های عناب شد، مطابقت دارد.

1- *Brassica pekinensis*

2- Selenocysteine
3- Selenocystine
4- Di selenocystine
5- Selenomethionine
6- Selenoglutathion
7- Selenium de Glutathione

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج این پژوهش تیمار با سطوح مختلف سلنیم با افزایش میزان ویتامین C، فلاونوئید و فنل‌کل منجر به افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی گردید. همچنین محلول‌پاشی سلنیم در افزایش میزان کلروفیل کل، کارتنوئید، عناصر نیتروژن و پتاسیم برگ، مواد جامد محلول، اسید قابل تیتراسیون، قندهای محلول، سلنیم درونی میوه و صفت عملکردی وزن حبه موثر بود و در بین سطوح مختلف محلول‌پاشی، غلظت ۲ میلی‌گرم در لیتر با بیشترین تأثیر بر صفات به عنوان بهترین تیمار برای انگور رقم فخری مشخص شد.

منابع

1- Abd El-Motty E.Z., and Orabi A.S. 2013. The beneficial effects of using zinc, yeast and selenium on yield, fruit quality and antioxidant defense systems in navel orange trees grown under newly reclaimed sandy soil. Journal of Applied Sciences Research 9(10): 6487-6497.

2- Ali K., Maltese F., Choi Y.H., and Verpoorte R. 2010. Metabolic constituents of grapevine and grape-derived products. Phytochemistry Reviews 9: 357–378.

3- Ardebili Z.O., Ardebili N.O., Jalili S., and Safiallah S. 2015. The modified qualities of basil plants by selenium and or ascorbic acid. Turkish Journal Botanical 39: 401-407.

4- Arnon A.N. 1967. Method of extraction of chlorophyll in the plants. Agronomy Journal 23: 112-121.

5- Asghari M. R., and Ahadi L. 2014. Effect of postharvest application of salicylic acid and aloe vera gel on qualitative characteristics and antioxidant activity of grape fruit of Ghezel Azum cultivar. Journal of Horticultural Science 27: 349-342. (In Persian with English abstract)

6- Ayaz F.A., Torun H., Ayaz S., Correia P.J., Alaiz M., Sanz C., Gruz J., and Strnad M. 2007. Determination of chemical composition of anotolian carob pod (*Ceratonia siliqua* L.) sugars, amino and organic acid, minerals and phenolic compounds. Journal of Food Quality (30)6.

7- Babalar M., Mohebbi S., Zamani Z., and Askari M.A. 2019. Effect of foliar application with sodium selenite on selenium biofortification and fruit quality maintenance of ‘Starking Delicious’ apple during storage. Journal of the Science of Food and Agriculture 99: 5149–5156.

8- Chen Z., Young T.E., Ling J., Chang S.C., and Gallie D. R. 2003. Increasing vitamin C content of plants through enhanced ascorbate recycling. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 100: 3525-3530.

9- Chomchan R., Siripongvutikorn S., and Puttarak P. 2017. Selenium bio-fortification: an alternative to improve phytochemicals and bioactivities of plant foods. Functional Foods in Health and Disease 7(4): 263-279.

10- Crisosto C.H. 2008. Central valley postharvest. Cooperative Extension University of California Kearney Agricultural Center 17: 2.

11- Dehgan G., and Khoshkam Z. 2012. Tin (ll)-quercetin complex: Synthesis, spectral characterization and antioxidant activity. Food Chemistry 131: 422-426.

12- Dong J.Z., Wang Y., Wang S.H., Yin L.P., Xu G.J., Zheng C., Lei C., and Zhang M.Z. 2013. Selenium increases chlorogenic acid, chlorophyll and carotenoids of *Lycium chinense* leaves. Journal of the Science of Food and Agriculture 93: 310–315.

13- Drahonovsky J., Szakova J., Mestek O., Tremlova J., Kana A., and Najmanova J. 2016. Selenium uptake, transformation and inter-element interactions by selected wildlife plant species after foliar selenate application. Environmental and Experemental Botany 125: 12–19

14- Drake S., Raese J., and Smith T. 2002. Time of nitrogen application and its influence on Golden Delicious apple yield and fruit quality. Journal of Plant Nutrition 25(1): 143-157.

15- Emami A. 1996. Plant decomposition methods. Soil and Water Research lnstitute Tehran Iran. 1, pp. 128.

16- Feng R.W., Wei C., and Tu S. 2013. The roles of selenium in protecting plant against abiotic stresses. Environmental and Experimental Botany 87: 58-68.

17- Ferreira A.S., Nunes C., Castro A., Ferreira P., and Coimbra M.A. 2014. Influence of grape pomace extract incorporation on chitosan properties. Carbohydrate Polymers 113: 490–499.

18- Fotopoulos V., Mario C., De Tullio M.C., Barnes J., and Kanellis A.K. 2008. Altered stomatal dynamics in ascorbate oxidase over-expressing tobacco plants suggest a role for dehydroascorbate signalling. Journal of Experimental Botany 59: 729–737.

19- Fu D.D., Duan M.L., Liang D.L., Wan S.S., and Wu X.P. 2011. Effects of selenite and selenat on growth and nutrient absorption of pakchoi. Plant Nutrition and Fertilizer Science 17: 358-365.

20- Ghasemi K. 2017. Selenium enrichment of crops and its effect on plant physiology. Plant Production Technology 9(2): 193-207. (In Persian with English abstract)

21- Hajiboland R., and Keivanfar N. 2012. Selenium supplementation stimulates vegetative and reproductive growth in canola (*Brassica napus* L.) plants. Acta Agriculturae Slovenica 99(1): 13-19.

22- Hu Q., Xu J., and Pang G. 2003. Effects of selenium on the yield and quality of green tea leaves harvested in early spring. Journal of Agricultural and Food Chemistry 51: 3379-3381.
23- Irigoyen J.J., Emerch D.W., and Sanchez-Diaz M. 1992. Water stress induced changes in concentrations of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*Medicago sativa*)**.** Physiologia plantarum 84: 55-60.
24- Jezek P., Hlusek J., Losak T., Juzl M., Elzner P., Kracmar S., Bunka F., and Martensson A. 2011. Effect of foliar application of selenium on the content of Selenium-lected amino acids in potato tubers (*Solanum tuberosum*). Plant, Soil and Environment 57: 315-320.
25- Kafi M., Zand A., Kamkar B., Sharifi H., and Gholdani M. 2002. Plant physiology, University of Mashhad. P, 379. (In Persian)
26- Kaijv M., Sheng L., and Chao C. 2006. Antioxidation of flavonoids of green rhizome. Journal Food Science 27: 110-115.
27- Keck A.S., and Finley J.W. 2006. Aqueous extracts of selenium-fertilized broccoli increase selenoprotein activity and inhibit DNA single-strand breaks, but decrease the activity of quinone reductase in Hepa cells. Food and Chemical Toxicology 44: 695-703.
28- Khavarinejad R., Goshegir Z., and Sadatmand S. 2010. Interaction effect of selenium and molybedon on pigment photosyhthesis of tomato. Journal of Plant Science Researches 17(1): 14-23. (In Persian with English abstract)
29- Kostopoulou P., Kyriazopoulos A.P., Abraham E.M., Parissi Z.M., Karatassiou M., Barbayannis N. 2015. Synergistic Effect of selenium addition and water stress on *Melilotus officinalis* L. mineral content. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca 43(2): 447-454.
30- Lee G.J., Kang B.K., Kim T.I., Kim T.J., and Kim J.H. 2007. Effects of different selenium concentrations of the nutrient solution on the growth and quality of tomato fruit in hydroponics. Acta Horticultre 761: 443–448.
31- Lei C., Ma Q., Tang Q.Y., Ai X.R., Zhou Z., Yao L., Ying W., Wang Q., and Dong J.Z. 2014. Sodium selenite regulates phenolics accumulation and tuber development of purple potatoes. Scientia Horticulturae 165: 142-147.
32- Liang N.N., Pan Q.H., He F., Wang J., Reeves M.J., and Duan C.Q. 2013. Phenolic profiles of *Vitis davidii* and *Vitis quinquangularis* species native to China. Journal of Agricultural and Food Chemistry 6 (25): 6016–6027.
33- Liu Q.L., Wang D., Wu G.L., Hao G.W., Hao Y.Y., and Sun S. 2011. Effects of selenium on leaf senescence and antioxidase system in *Pyrus bretschneider* Dangshan Suli. Acta Horticulturae Sinica 38: 2059**-**2066.
34- Lopez A.R**.** 1993. Humic acid effect on the stomata conductance and leaf abscission on apple cv. Golden Delicious under tropical conditions. Acta Horticulturae 329: 254-254.
35- Majedi M. 1994. Methods of foods chemicals analysis. Jahad daneshgahi press. University of Tehran. (In Persian)
36- Malik J.A., Goel S., Kaur N., Sharma S., Singh I., and Nayyar H. 2012. Selenium antagonises the toxic effects of arsenic on mungbean (*Phaseolus aureus* Roxb.) plants by restricting its uptake and enhancing the antioxidative and detoxification mechanisms. Environmental and Experimental Botany 77: 242-248.
37- Malorgio F., Diaz K.E., Ferrante A., Mensuali-Sodi A., and Pezzarossa B. 2009. Effects of selenium addition on minimally processed leafy vegetables grown in a floating system. Journal of the Science of Food and Agriculture 89: 2243–2251.
38- Mazzafera P. 1998. Growth and biochemical alterations in coffee due to selenite toxicity. Plant and Soil 201: 189-196.
39- Mittler R., Vanderauwera S., Gollery M., and Breusegem F.V. 2004. Reactive oxygen gene network of plants. Trends in Plant Science 9(10): 490-498.
40- Nawaz F., Ahmad R., Ashraf M.Y., Waraich E.A., and Khan S. Z. 2015. Effect of selenium foliar spray on physiological and biochemical processes and chemical constituent of wheat under drought stress. Ecotoxicology and Environmental Safety 113: 191–200
41- Nowak J., Kakiewski K., and Ligocki M. 2004. Influence of selenium on oxidoreductive enzymes activity in soil and in plants. Soil Biology and Biochemistry 36(10): 1553-1558.
42- Pennanen A., Xue T., Hartikainen H. 2002. Protective role of selenium in plant subjected to severe UV irradiation stress. Journal of Applied Botany 76: 66-67.
43- Pezzarossa B., Remorini D., Gentile M.L., Massai R. 2012. Effects of foliar and fruit addition of sodium selenite on selenium accumulation and fruit quality. Journal of the Science of Food and Agricultre 92: 781–786.
44- Poldma P., Moor U., Tonutare T., Herodes K., and Rebane R. 2013. Selenium treatment under field conditions affects mineral nutrition, yield and antioxidant properties of bulb onion (*Allium cepa*). Acta Scientiarum Polonorum 12: 167-181.
45- Qi J., Sun S., Yang L., Li M., Ma F., and Zou Y. 2018. Potassium uptake and transport in apple roots under drought stress. Horticultural Plant Journal 5(1): 10–16.
46- Rios J.J., Blasco B., Cervilla L.M., Rosales M.A., Sanchez-Rodriguez E., Romero L., and Ruiz J. M. 2009. Production and detoxification of H_2O_2 in lettuce plants exposed to selenium. Annals of Applied Biology 154: 107-116.
47- Rios J.J., Blasco B., Rosales M.A., Sanchez-Rodriguez E., Leyva R., Cervilla L.M., and Ruiz J.M. 2010. Response of nitrogen metabolism in lettuce plants subjected to different doses and forms of selenium. Journal of the Science

of Food and Agriculture 90: 1914–1919.
48- Rios J.J., Rosales M.A. Blasco B., Cervilla L.M., Romero L., and Ruiz J.M. 2008. Biofortification of selenium and induction of the antioxidant capacity in lettuce plants. Scientia Horticulturae 116: 248–255.
49- Robbins R.J., Keck A.S., Banuelos G., and Finley J.W. 2005. Cultivation conditions and selenium fertilization alter the phenolic profile, glucosinolate, and sulforaphane content of broccoli. Journal of Medicinal Food 8: 204–214.
50- Rolland F., Baena-Gonzalez E., and Sheen J. 2006. Sugar sensing and signaling in plants: conserved and novel mechanisms. Annual Review of Plant Biology 57: 675–709.
51- Sae-Lee N., Kerdchoechuen O., and Laohakunjit N. 2012. Chemical qualities and phenolic compounds of Assam tea after soil drench application of selenium and aluminium. Plant and Soil 356: 381-393.
52- Salmani Nodoushan M., Abedi M., and Vakilli M. 2013. Selenium and human health. Journal of Shahid Sadoughi University of Medical Science 21(1): 101-112. (In Persian with English abstract)
53- Schiavon M., dall Acqua S., Mietto A., Pilon-Smits E.A.H., Sambo P., and Masi A., and Malagoli M. 2013. Selenium fertilization alters the chemical composition andantioxidant constituents of tomato (*Solanum lycopersicon* L.). Journal of Agricultural and Food Chemistry 61: 10542-10554.
54- Sharma P., Jha A.B., Shanker Dubey R., and Pessarakli M. 2012. Reactive oxygen species, oxidative damage, and antioxidative defense mechanism in plants under stressful conditions. Journal of Botany 10: 21-47.
55- Simonne E.H., Jones J.R., Mills D.A., Snittleand C., and Hussey G. 1993. Influence of catalyst, sample weight, and digestion conditions on Kjeldahl N. Commun. Soil Science and Plant Analysis 24: 1609-1616.
56- Singleton V. L., and Rossi J. A. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic phosphotungstic acid reagents. Enology and Viticulture 16: 144-15.
57- Skrede G., Martinsen B.K., Wold A.B., Birkeland S.E., and Aaby K. 2012. Variation in quality parameters between and within 14 Nordic tree fruit and berry species. Acta Agriculturae Scandinavica Section Soil and Plant Science 6: 193-208.
58- Turakainen M., Hartikainen H., and Seppanen M. M. 2004. Effects of selenium treatments on potato (*Solanum tuberosum*) growth and concentrations of soluble sugars and starch. Journal of Agriculture and Food Chemistry 52: 5378-5382.
59- Turakainen M., Hartikainen H., Ekholm P., and Seppanen M.M. 2006. Distribution of selenium in different biochemical fractions and raw darkening degree of potato (*Solanum tuberosum* L.) tubers supplemented with selenate. Journal of agricultural and food chemistry 54(22): 8617–8622.
60- Vogrincic M., Cuderman P., Kreft I., and Stibilj V. 2009. Selenium and its species distribution in above-ground plant parts of selenium enriched Buckwheat (*Fagopyrum esculentum*). Analytical Sciences 25: 1357-1363.
61- Wei J**.**D., Yu D.Z., Mab H.L., Yao M.B., Liub F.C., Songc Y.G., Xuc Y.F., and Lib L. 2017. Selenium enrichment, fruit quality and yield of winter jujube as affected by addition of sodium selenite**.** Scientia Horticulturae 225: 1–5
62- Wu L., and Huang Z.Z. 1991. Chloride and sulfate salinity effects on selenium accumulation by Tall Fescue. Crop Science 31: 114-118.
63- Xue T.L., Hartikainen H., Piironen V. 2001. Antioxidative and growth-promoting effect of selenium on senescing lettuce. Plant and Soil 237: 55-61.
64- Yu S., and Shih-Wen C. 2018. Response of nitrogen metabolism in pak choi plants treated with different sodium selenate (Na_2SeO_4) concentrations. The Horticulture Journal 87:3.
65- Zgallai H., Steppe K., and Lemeur R. 2006. Effects of different levels of water stress on leaf water potential, stomatal resistance, protein and chlorophyll content and certain anti oxidative enzymes in tomato plants. Journal of Integrative Plant Biology 48(6): 679-685.
66- Zhang H. Y., Han T., Tian L., Wang Y. N., and Jia H. J. 2010. Accumulation of Selenium in peach, jujube and strawberry after spraying Selenium fertilizer on leaves. Journal of Fruit Science 5: 802–806.
67- Zhang M., Tang S., Huang X., Zhang F., Pang Y., Huang Q., and Yi Q. 2014. Selenium uptake, dynamic changes in selenium content and its influence on photosynthesis and chlorophyll fluorescence in rice (*Oriza sativa* L.). Environmental and Experimental Botany 107: 39- 45.
68- Zhu S., Liang Y., Gao D., An X., and Kong F. 2017. Spraying foliar selenium fertilizer on quality of table grape (*Vitis vinifera* L.) from different source varieties. Scientia Horticulturae 218: 87–94.
69- Zhu Z., Chen Y.L., Shi G.Q., and Zhang X.J. 2017. Selenium delays tomato fruit ripening by inhibiting ethylene biosynthesis and enhancing the antioxidant defense system. Food Chemistry 219: 179-184.
70- Zhu Z**.**, Chen Y., Zhang X., and Li M. 2016. Effect of foliar treatment of sodium selenate on postharvest decay and quality of tomato fruits. Scientia Horticulturae 198: 304-31.
71- Zhu Z.Y., Zhang J., Liu Y., and Chen X.Z. 2018. Exploring the effects of selenium treatment on the nutritional quality of tomato fruit. Food Chemistry 308-8146.

Journal of Horticultural Science
Vol. 34, No.1, Spring 2020, P. 61-74
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۴، شماره ۱، بهار ۱۳۹۹، ص. ۷۴-۶۱
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Effect of Preharvest Spraying of Selenium on Qualitative and Biochemical Characteristics of Grape cv. Fakhri (*Vitis vinifera* cv. Fakhri)

M. Mozaffari[1]- F. Razavi[2*]-V. Rabiei[3]- A. Kheiry[4]-A. Hassani[5]
Received: 02- 03-2019
Accepted: 05-11-2019

Introduction: Demand for healthy and high-quality fruits has increased in the markets, and compositions such as vitamins, sugars, and anti-oxidant properties of fruits have attracted many consumers. Grapes contain phenols, flavonoids, anthocyanins, tannins and vitamins with high antioxidant properties. Antioxidants support biological systems such as proteins, amino acids, lipids, and DNA against oxidative damage produced by active oxygen species of ROS, resulting in reduction of cell damage and death, cardiovascular disease and cancers in the human body. Selenium is essential for humans and animals and should be fed through a diet, for this reason, FAO recommends entering selenium to agricultural products (especially fruits and vegetables). In recent years, selenium has been recognized as a useful element for plants that have been toxic at high concentrations but at desirable concentrations, it has positive antioxidant effects, increases growth and significantly affects seed germination. Selenium protects plants from several abiotic stresses such as heavy metal and arsenic, ultraviolet radiation, and biotic stress such as pathogens and pests. Selenium neutralizes oxidative stress interfering with lipid peroxidation, and accelerates gluthatione peroxidase (GSH-Px) activity, this phenomenon delay plant senescence and diminish postharvest losses. This element increases the yield and improves the quality of the fruits and vegetables. When *Camelia oleifera* plants were treated with selenium, cellular content of linoleic acid and sterol were elevated but oleic acid content diminished. Selenium treatment had a significant effect on preserving the sensory and the postharvest quality by decreasing respiration rate and ethylene biosynthesis in broccoli by diminishing phenylalanine ammonia-lyase (PAL) activity and ethylene production in lettuce and chicory. Foliar application of peach and pear trees with selenium, decelerated fruit softening rate and elongated shelf-life. Therefore, treatment of agricultural products with the appropriate amount of selenium can have a positive effect on the increase of the quality and enrichment of selenium in fruits and also play an important role in human health.

Materials and Methods: In order to investigate the effect of selenium as foliar application (0, 1, 2 and 3 mg L^{-1}) on quality traits, antioxidant compounds and enrichment of grape cv. Fakhri, an experiment based on randomized complete block design with three replications in a vineyard (Kurdistan Povince, Ghorveh town) was performed. The 15-year-old vines were sprayed with selenium solution plus 0.1% of Twin 20 as surfactant until the leaves were completely wet (for each vine about 0.5 liter) at three stages of berry growth and development: Berry formation, Lag phase and veraison. A 1000 mg L^{-1} stock solutions (Made by the Belgian company CHEM-Lab, containing selenium ion Se^{+6}) was used to prepare the desired solutions. At commercial fruit maturity stage (20° Brix), samples of fruits and leaves randomly were collected from treated and control vines and were immediately transferred to the postharvest physiology laboratory. Traits such as total chlorophyll, carotenoid, nitrogen, potassium, selenium content of leaves and fruits, and also, total soluble solids, soluble sugars, titrable acidity, acidity (pH), vitamin C, phenol and flavonoids, antioxidant capacity in fruits and the berry weight were evaluated. Data were analyzed using SAS statistical software (SAS V.9.4), and means were compared by Duncan's multiple range tests at the 5% of probability level.

Results and Discussion: Results showed positive effects of selenium treatment on evaluated traits. As a result, 2 mg L^{-1} of selenium increased photosynthetic pigments, nitrogen and leaf potassium, soluble solids, soluble sugars, vitamin C, total phenol, antioxidant capacity of fruits in comparison with untreated vines. The highest amount of titrable acidity, total fruit flavonoid and leaf selenium was recorded in vines treated with 3 mg L^{-1} selenium, whereas, this treatment had less effect on other traits. The highest amount of berry weight was obtained in 1 mg L^{-1} of selenium. However, none of the selenium treatments had significant effect on the juice acidity (pH). In general, the results showed a positive effect of selenium on improvement of antioxidant

1, 2, 3 and 4- M.Sc. Student, Assistant Professor, Associate Professor and Assistant Professor, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: razavi.farhang@znu.ac.ir)
5- Assistant Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran

properties, quality and enrichment of grape, and 2 mg L^{-1} selenium with the highest effect on traits was identified as the best treatment. According to other researchers, foliar application of selenium in "Starking Delicious" apple cultivar was effective in enhancement of fruit selenium content and nutritional properties, postponing the flesh firmness decrease, and delaying fruit ripening resulting from less ethylene production, therefore significantly affecting apple fruit quality and storage life.

Keywords: Antioxidant capacity, Chlorophyll, Selenate, Total phenol, Vitamin C